

明細書

発光装置

技術分野

- 5 本発明は、発光量の大きい発光装置に関する。

背景技術

I I I 族窒化物半導体を用いることにより、可視光の 3 原色である「青色」、
「緑色」、「赤色」の発光装置を作製することができる。たとえば、サファイア
10 基板上に低温でアモルファスのバッファ層を形成し、その上に I I I 族窒化物半
導体結晶を成長させることが提案されている（たとえば、柴田，「I I I 族窒化
物を用いた L E D の作製とその応用」，日本結晶成長学会誌，日本結晶成長学
会，2002 年 9 月 20 日，第 29 巻，第 3 号，p. 283 - 287 参照）。

しかし、基板としてサファイア基板を用いているため、I I I 族窒化物半導体
15 結晶をエピタキシャル成長させても、欠陥密度の大きい低品質の結晶しか得られ
ない。また、サファイア基板が絶縁性であるため、発光装置が大きくなるという
問題点があった。

上記、問題点を解決するため、n - G a N などの I I I 族窒化物半導体結晶の
基板を用いて、この基板上に I I I 族窒化物半導体結晶を成長させることが提案
20 されている（たとえば、西田，「A l G a N 系紫外発光ダイオード」，日本結晶
成長学会誌，日本結晶成長学会，2002 年 9 月 20 日，第 29 巻，第 3 号，
p. 288 - 295 参照）。

発明の開示

25 上記発光装置においても十分な発光強度が得られていないのが現状である。

そこで、上記現状に鑑み、本発明においては、発光装置の大きさを変えること
なく発光量を増大させた発光装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するため、本発明にかかる発光装置は、凹凸基板の凹凸状表面
上に半導体層が形成されていることを特徴とする。ここで、凹凸基板を A l_xG

$a_y I n_{1-x-y} N$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x + y \leq 1$) とすること、凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面が、 L を $1 \sim 4$ の整数とするときの $(11-2L)$ および $(1-10L)$ の中から選ばれる 1 以上の面指数を有すること、凹凸基板の凹凸上表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度 ϕ を $35^\circ \sim 80^\circ$ とすることができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明にかかる一の発光装置の概略断面図である。

図 2 は、従来の発光装置の概略断面図である。

10 図 3 は、本発明において用いられる一の凹凸基板の概略斜視図である。

図 4 は、本発明において用いられる別の凹凸基板の概略斜視図である。

図 5 は、従来の基板の概略斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

15 本発明にかかる発光装置は、図 1 を参照して、凹凸基板 1 の凹凸状表面 1 a 上に半導体層 3 0 が形成されている。かかる凹凸基板 1 を用いることにより、発光に関わる半導体層 3 0 の表面積を大きくすることができ、発光装置の発光量が大きくなる。

一方、従来の発光装置は、図 2 を参照して、平面基板 2 の平面状表面 2 h 上に半導体層 3 0 が形成されている。すなわち、図 1 および図 2 を参照して、本発明
20 にかかる発光装置の半導体層 3 0 は凹凸基板 1 の凹凸状表面 1 a 上に形成されているために、平面基板 2 の平面状表面 2 h 上に形成されている半導体層 3 0 よりも表面積が大きくなる。ここで、半導体層 3 0 は、その単位表面積当たり一定の発光量を有することから、上記のように半導体層 3 0 の表面積を大きくすることにより、発光装置の大きさを変えずに発光量を大きくすることができ
25 る。

ここで、図 3 および図 4 を参照して、凹凸基板 1 の凹凸状表面 1 a の表面形状は、特に限定されるものではなく、たとえば、図 3 に示されるような線状の凸部と線状の凹部を有する凹凸状表面 1 a であってもよいし、図 4 に示されるような

点状の凸部を有する多角錐状の凹凸状表面 1 a であってもよい。

また、凹凸基板 1 の凹凸状表面 1 a における凹凸ピッチ（凸部から隣の凸部までの水平距離）P および凹凸高さ（凹部から凸部までの垂直距離）H は、特に制限はないが、凹凸ピッチ P は $1\ \mu\text{m} \sim 3000\ \mu\text{m}$ が好ましく、凹凸高さ H は
5 $0.1\ \mu\text{m} \sim 3000\ \mu\text{m}$ が好ましい。凹凸ピッチ P が $1\ \mu\text{m}$ 未満あるいは $3000\ \mu\text{m}$ を超えると均一なエピタキシャル結晶を得ることが困難となる。凹凸高さ H が $0.1\ \text{nm}$ 未満であると発光面積が小さくなり、 $3000\ \mu\text{m}$ を超えると均一なエピタキシャル結晶を得ることが困難となる。かかる観点から、凹凸ピッチ P は $1\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$ 、凹凸高さ H は $4\ \mu\text{m} \sim 1500\ \mu\text{m}$ であることがよ
10 り好ましい。

本発明にかかる発光装置において、凹凸基板および半導体層が $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x + y \leq 1$) であることは好ましい。半導体層を III-III 族化合物である $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x + y \leq 1$) で構成することにより、可視光の 3 原色である「青色」、「緑色」、「赤色」、あるいは
15 「紫外」についての発光装置を作製することができる。また、基板についても、半導体層と同様に $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x + y \leq 1$) を用いることにより、良質の半導体結晶を成長させることができる。なお、基板の化学組成、半導体層の化学組成およびこれらの組み合わせには特に制限は無いが、良質の半導体層を得る観点からは、基板の化学組成と半導体層の化学組成とが近いこと
20 が好ましい。

また、図 3 および図 4 を参照して、本発明にかかる発光装置において、凹凸基板 1 の凹凸状表面 1 a を形成する各々の平面 1 b, 1 c は、L を 1 ~ 4 の整数とするときの $(11-2L)$ および $(1-10L)$ の中から選ばれる 1 以上の面指数を有することが好ましい。基板および半導体層に $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq$
25 x , $0 \leq y$, $x + y \leq 1$) を用いる場合、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ 結晶は六角対称であるため、 $(11-2L)$ 面および $(1-10L)$ 面のそれぞれの面について等価な面が 6 面存在する。ここで、L は 1 ~ 4 の整数を意味する。したがって、このような面からなる凹凸状表面 1 a をもつ凹凸基板 1 を用いることにより、三次元形状の半導体層を形成することができ、半導体層の表面積を大きくすることが

できる。ここで、凹凸基板が $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) である場合、図4のような凹凸状表面1aにおいては、多角錐として六角錐または三角錐を形成する場合が多い。

また、図3および図4を参照して、本発明にかかる発光装置において、凹凸基板1の凹凸状表面1aを形成する各々の平面1b、1cと基底平面1hとのなす角度 ϕ は、 $35^\circ \sim 80^\circ$ であることが好ましい。 $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 結晶を凹凸基板として用いる場合、 80° を超える安定面が存在しにくい。また、上記角度が 35° 未満であると半導体層の表面積の増加が少ない。なお、基底平面1hとは、凹凸基板1の厚み方向のベクトルに対して垂直な面をいい、従来の平面基板においては平面状表面と平行な平面となる。

基板を構成する $Al_xGa_yIn_{1-x-y}N$ 結晶 ($0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x + y \leq 1$) はウルツ鉱型（六方晶）の結晶構造をとり六角対称であることから、凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度 ϕ は、下式（1）によって算出することができる。ここで、 $(h_1k_1 - (h_1 + k_1)l_1)$ は凹凸状表面を形成する各々の平面の面指数、 $(h_2k_2 - (h_2 + k_2)l_2)$ は基底平面の面指数（たとえば (0001) ）、 a は a 軸長、 c は c 軸長を示す。なお、凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面の面指数は、XRD（X-ray Diffraction；X線回折法）によって求めることができる。

数1

$$\cos \phi = \frac{h_1h_2 + h_1k_2 + \frac{1}{2}(h_1k_2 + h_2k_1) + \frac{3a^2l_1l_2}{4c^2}}{\left(\left(h_1^2 + k_1^2 + h_1k_1 + \frac{3a^2l_1^2}{4c^2} \right) \left(h_2^2 + k_2^2 + h_2k_2 + \frac{3a^2l_2^2}{4c^2} \right) \right)^{1/2}} \quad (1)$$

実施例

以下、実施例に基づいて本発明にかかる発光装置を具体的に説明する。

（実施例1）

図3に示すような、凹凸ピッチ P が $200 \mu m$ 、凹凸高さ H が $190 \mu m$ の凹

凸状表面 1 a を有し、前記凹凸状表面 1 a を形成する各々の平面 1 b の面指数が (1-101) である GaN 基板を用いて、前記 GaN 基板の凹凸状表面に、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition: 有機金属化学気相成長) 法によって、n-GaN 層 31 を 5 μ m、In_{0.2}Ga_{0.8}N 層 32 を 3 nm、
5 p-Al_{0.2}Ga_{0.8}N 層 33 を 60 nm、p-GaN 層 34 を 150 nm 順次成長させて、図 1 に示すような発光装置を得た。分光器を用いて、前記発光装置の発光強度を測定した。この発光装置は発光スペクトルのピーク波長は 470 nm であり、以下の比較例 1 の発光強度を 1.0 としたときのこの発光装置の発光強度は 1.9 であった。なお、本実施例においては、MOCVD 法を用いて、凹凸基
10 板の凹凸状表面上に半導体層を成長させたが、その他 VPE (Vapor Phase Epitaxy: 気相エピタキシャル成長) 法、MBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシャル成長) 法など各種の方法によって半導体層を成長させることもできる。

(比較例 1)

15 図 5 に示すような平面状表面 2 h (平面状であることから、凹凸ピッチ P は 0 μ m であり、凹凸高さ H は 0 μ m) を有し、前記平面状表面 2 h の面指数が (0001) である GaN 基板を用いて、実施例 1 と同様に半導体層を順次成長させて、図 2 に示すような発光装置を得た。分光器を用いて、前記発光装置の発光強度を測定した。この発光装置の発光スペクトルのピーク波長は 470 nm であ
20 り、この発光装置の発光強度を 1.0 として実施例 1 ~ 実施例 9 の青色発光装置の発光強度を評価した。

(実施例 2 ~ 実施例 11、比較例 2、比較例 3)

表 1 ~ 表 3 に示す基板、半導体層構成を有する発光装置を MOCVD 法により作製し、その発光スペクトルの波長と発光強度を測定した。その結果を表 1 ~ 表
25 3 にまとめる。なお、表 1 ~ 表 3 における角度 ϕ は、凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面の面指数と基底平面の面指数 (0001) から、式 (1) によって算出したものである。

ここで、表 1 の実施例 1 ~ 実施例 9 および比較例 1 はいずれも発光スペクトルのピーク波長が 470 nm の青色発光装置の例であり、実施例 1 ~ 実施例 9 の発

光強度は比較例 1 の発光強度を 1. 0 としたときの相対値として表した。また、
表 2 の実施例 1 0 および比較例 2 は発光スペクトルのピーク波長が 5 2 0 n m の
緑色発光装置の例であり実施例 1 0 の発光強度は比較例 2 の発光強度を 1. 0 と
したときの相対値として表し、表 3 の実施例 1 1 および比較例 3 は発光スペクト
5 ルのピーク波長が 3 8 0 n m の紫外発光装置の例であり実施例 1 1 の発光強度は
比較例 3 の発光強度を 1. 0 としたときの相対値として表した。

表 1

	比較例 1	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9
基板種類	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	GaN	AlN	AlGaN	InN	InGaN
基板形状	図 5	図 3	図 3	図 3	図 3	図 4	図 3	図 3	図 3	図 3
P (μm)	0	200	100	20	50	100	50	20	20	10
H (μm)	0	190	40	33	40	80	45	19	19	9
面指数	(0001)	(1-101)	(11-24)	(11-21)	(11-22)	(11-22)	(1-101)	(1-101)	(1-101)	(1-101)
角度 ϕ ($^\circ$)	0	62	39	73	58	58	62	62	62	62
半導体層 (厚さ nm)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000)/ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}$ $_{0.8}\text{N}(3)$ / $\text{p-Al}_{0.2}$ $\text{Ga}_{0.8}\text{N}($ 60)/p- GaN(150)
発光波長 (nm)	470	470	470	470	470	470	470	470	470	470
発光強度比	1.0	1.9	1.2	2.5	1.9	1.9	1.7	1.9	1.7	1.8

表 2

	比較例 2	実施例 1 0
基板種類	GaN	GaN
基板形状	図 5	図 3
P (μm)	0	100
H (μm)	0	94
面指数	(0001)	(1-101)
角度 φ (°)	0	62
半導体層 (厚さ nm)	n-GaN(5000))/In _{0.45} Ga 0.55N(3)/p- Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/p-GaN(150)	n-GaN(5000))/In _{0.45} Ga 0.55N(3)/p- Al _{0.2} Ga _{0.8} N(60)/p-GaN(150)
発光ピーク 波長 (nm)	520	520
発光強度比	1.0	2.1

表 3

	比較例 3	実施例 1 1
基板種類	GaN	GaN
基板形状	図 5	図 3
P (μm)	0	50
H (μm)	0	47
面指数	(0001)	(1-101)
角度 φ (°)	0	62
半導体層 (厚さ nm)	n-GaN(5000))/n-Al _{0.2} Ga 0.8N(60)/In 0.02Ga _{0.98} N(3) /p-Al _{0.2} Ga 0.8N(60)/p- GaN(150)	n-GaN(5000))/n-Al _{0.2} Ga 0.8N(60)/In 0.02Ga _{0.98} N(3) /p-Al _{0.2} Ga 0.8N(60)/p- GaN(150)
発光ピーク 波長 (nm)	380	380
発光強度比	1.0	1.8

表 1 ～ 表 3 に示すように、凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層が形成されている本発明にかかる発光装置は、その発光ピーク波長に拘わらず、平面基板上に半導体層が形成された従来の発光装置に比べて、発光強度が 1.2 倍～ 2.5 倍に増大した。

- 5 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明でなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内のすべての変更が含まれることが意図される。

10 産業上の利用可能性

上記のように、本発明にかかる発光装置においては、凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層を形成することにより、発光装置の大きさを変えことなく発光量を増大させることができる。

請求の範囲

1. 凹凸基板の凹凸状表面上に半導体層が形成されていることを特徴とする発光装置。
- 5 2. 凹凸基板および半導体層が $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x$, $0 \leq y$, $x + y \leq 1$) である請求項 1 に記載の発光装置。
3. 凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面が、 L を 1 ～ 4 の整数とするときの $(11 - 2L)$ および $(1 - 10L)$ の中から選ばれる 1 以上の面指数を有する請求項 1 または請求項 2 に記載の発光装置。
- 10 4. 凹凸基板の凹凸状表面を形成する各々の平面と基底平面とのなす角度 ϕ が、 $35^\circ \sim 80^\circ$ である請求項 1 または請求項 2 に記載の発光装置。

FIG. 1

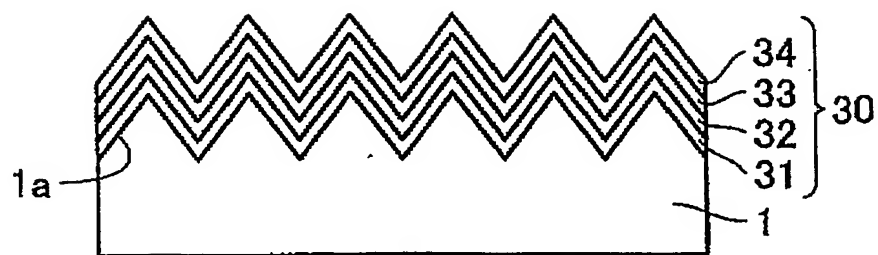


FIG. 2

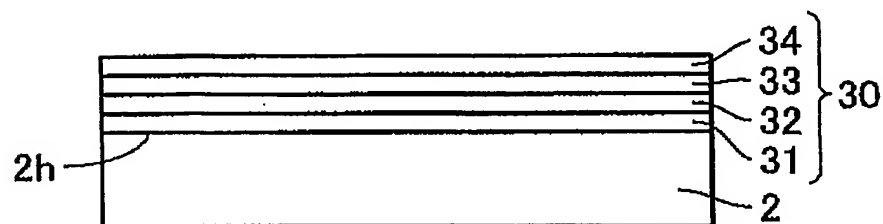


FIG. 3

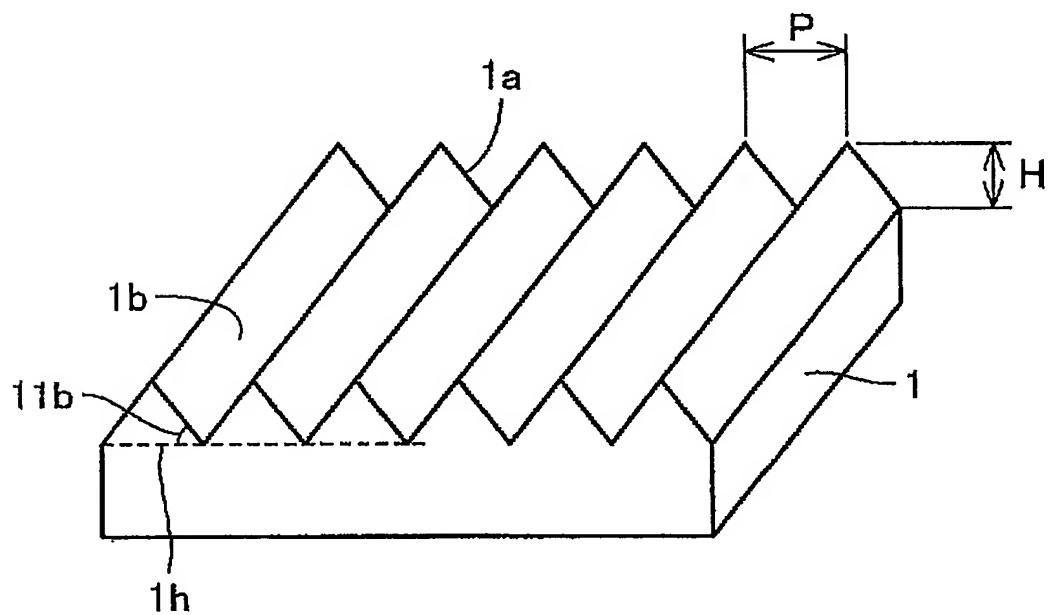


FIG. 4

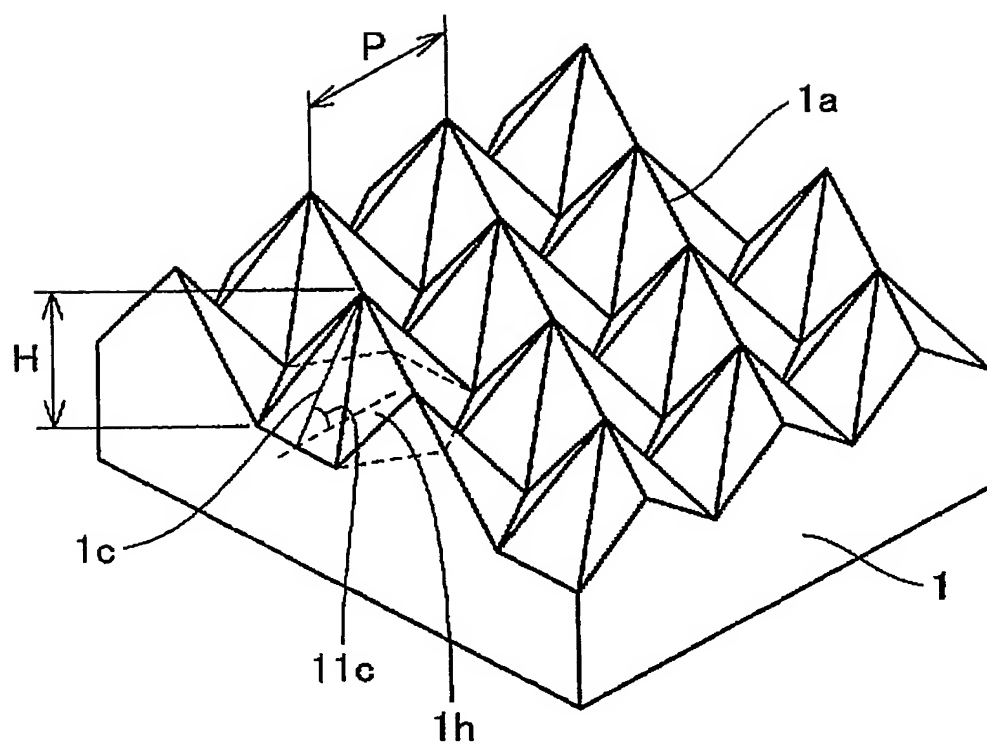
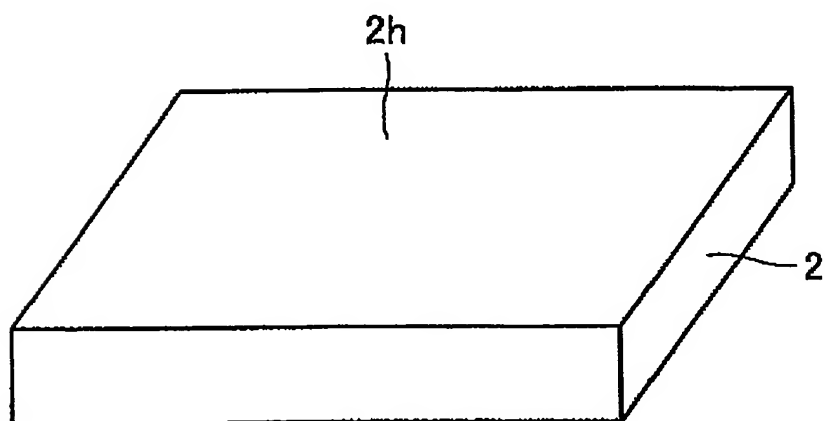


FIG. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007873

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-92426 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 28 March, 2003 (28.03.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-4
X Y	JP 8-222763 A (Sharp Corp.), 30 August, 1996 (30.08.96), Par. Nos. [0020] to [0036]; Fig. 1 (Family: none)	1, 4 2-3
X Y	JP 7-15033 A (Japan Energy Corp.), 17 January, 1995 (17.01.95), Par. Nos. [0009], [0012]; Fig. 1 (Family: none)	1 2-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 August, 2004 (12.08.04)Date of mailing of the international search report
31 August, 2004 (31.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L 33/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-92426 A(日亜化学工業株式会社), 2003. 03. 28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
X Y	JP 8-222763 A(シャープ株式会社), 1996. 08. 30, [0020]-[0036], 図1 (ファミリーなし)	1, 4 2-3
X Y	JP 7-15033 A(株式会社ジャパンエナジー), 1995. 01. 17, [0009][0012], 図1 (ファミリーなし)	1 2-4

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 08. 2004

国際調査報告の発送日

31. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

吉野 三寛

2 K

9010

電話番号 03-3581-1101 内線 3253